

проф. д-р Росе Смилески
Орце Поповски,
Дарко Стојкоски,
Воена академија “Генерал Михаило Апостолски”-Скопје

УДК: 623.451.4:623:565

АНАЛИЗА НА РАСПРСКУВАЧКОТО ДЕЈСТВО И ЕФИКАСНОСТА НА ГРАНАТА 40 ММ

Резиме

Применувајќи ги насовремените теоретски знаења и резултатите добиени преку експерименти, оваа студија го анализира распрскувачкото дејство на експлозивни тела (рачен фрлач на граната) со цилиндрична форма. Анализата покажува добра корелација меѓу експериментално и теоретски добиените резултати. Според тоа, овој вид на анализа може да се употреби за утврдување на радиусот на убивање, или со други зборови за утврдување на сигурносната зона при експлозија на определена експлозивна направа.

Клучни зборови: експлозивна материја, фрагментација и распрскувачко дејство.

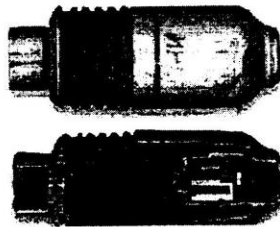
1. Вовед

Кога бризантна експлозивна материја ќе детонира во метална или во друга облога, под дејство на високиот притисок на гасните продукти, ќе дојде до дилатација на сидовите на облогата и до нејзина фрагментација. Добиените фрагменти (парчиња), главно со различна форма и маса, се забрзуваат и се движат со релативно голема брзина во насока којашто со нормалата на сидот на облогата затвора некој агол. На тој начин дел од енергијата на притисокот на гасните продукти се претвора во кинетичка енергија на парчињата кои, како субпроектили, се разлетуваат околу местото на експлозијата. Овој вид дејство се нарекува распрскувачко дејство [1].

Проучувањето и анализата на фрагментацијата и распрскувачкото дејство побудуваат интерес, бидејќи сè уште не се откриени закономерностите според кои се одвиваат овие појави и кои би претставувале општа теориска основа за рационално проектирање на проектилите.

Ефикасноста на проектилите со распрскувачко дејство зависи од голем број фактори: бројот на парчињата, нивната маса и форма, дострелот и карактеристиките на снопот на парчињата. Овие големини меѓусебно се поврзани во сложени релации, а зависат и од други фактори, како што се: карактеристиките на металната облога (јакост и жилавост), карактеристиките на експлозивната материја (видот, брзина на детонација и др.), формата на облогата, начинот на иницирање итн. Бројот на факторите говори дека се работи за сложена појава и не е лесно да се опфати со единствена релација. Оттука, неопходно е да се анализираат, прво, главните влијателни величини и нивните меѓусебни зависимости, а потоа да се формира единствена слика за целокупниот процес.

Во овој случај предмет на анализа беше распрскувачкото дејство на граната 40 mm за рачен фрлач на гранати (Сл. 1).



Сл. 1. Граната 40 mm за рачен фрлач на гранати

2. Карактеристики на гранатата

Од интерес за анализата на распрскувачкото дејство и ефикасноста на ова средство е потребно да се разгледаат карактеристиките на кошулката (металната облога) на гранатата и експлозивната материја сместена во неа. Кошулката е изработена од челик во форма на цилиндар (Сл. 2), нажлебен од надворешната страна [2]. На предниот и на задниот дел се направени по четири идентични прстени, а во средината се наоѓа нажлебен водечки прстен. Масата на кошулката изнесува 115 g и нерамномерно е распоредена по нејзината должина. На предниот дел, во однос на задниот, кошулката е потенка. Ваквата изведба е направена за да се овозможи постигнување на карактеристичниот агол β (агол помеѓу насоката на брзината на парчињата и нормалата на изводницата на кошулката) и правилно фрагментирање.

Како експлозивно полнење во кошулката е употребен флегматизиран хексоген со маса од 48 g, со брзина на детонација од околу 8150 m/s и со специфична енергија од околу 1390 kJ/kg [3,4].



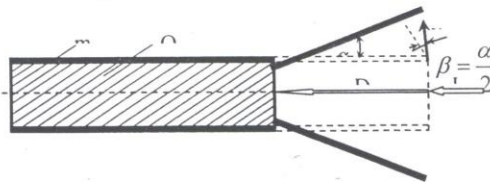
Сл. 2. Приказ на надворешниот изглед на кошулката

3. Анализа на распрскувачкото дејство и дискусија за резултатите

Основните параметри што го карактеризираат распрскувачкото дејство се: почетната брзина на парчињата, бројот на парчиња и досегот на смртоносно дејство.

Теоретските проучувања, дополнети со експериментални испитувања, покажуваат дека почетната брзина на парчињата при распрскувањето на кошулката со цилиндрична форма (Сл. 3) зависи од калибарот на проектилот, односот на масата на кошулката и експлозивното полнење (m/Q), енергетските карактеристики на експлозивната материја и механичките својства на металот од кој е изработена кошулката (пред сè жилавоста) [5]. Ако со D се обележи брзината на детонацијата на експлозивната материја, а со $\beta = \alpha/2$ аголот помеѓу насоката на брзината и нормалата на изводницата на кошулката, тогаш почетната брзина на парчињата:

$$v_0 = 2 \cdot D \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$



Сл. 3. Фрагментација на метална облога со цилиндрична форма

Во институтот ЛРСЛ (Laboratoire de Recherches de Saint-Louis) во Франција, експериментално е докажано дека аголот β за односот на масата на кошулката и масата на експлозивната материја $m/Q > 0,5$ може да се определи од следната релација:

$$\beta = \frac{12^\circ 30'}{1 + 0,5 \cdot \frac{m}{Q}}, \quad (2)$$

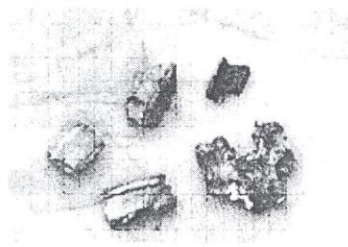
а почетната брзина на парчињата од релацијата:

$$v_0 = \frac{0,216 \cdot D}{1 + 0,5 \cdot \frac{m}{Q}} \quad (3)$$

Кај односот $m/Q > 2$ доаѓа до израз жилавоста на материјалот, така што кај нив за ист однос m/Q се добива помала почетна брзина на парчињата. Во овој случај односот m/Q изнесува 2,4, но поради нажлебеноста на кошулката почетната брзина на парчињата би можело да се определи според изразот (3), при што истата изнесува:

$$v_0 = 798,4 \text{ m/s}.$$

Бројот на парчињата добиени со распрскување на кошулката може да се определи теоретски и експериментално. Теоретското определување се сведува на употреба на формули во кои е претставена зависноста на бројот на парчињата од голем број параметри [6,7]. Со ваквите изрази релативно точно се определува вкупниот број парчиња. Меѓутоа, најчесто тој број се определува експериментално, со активирање на експлозивната направа во соодветна јама и со собирање на парчињата (Сл. 4). Со примена на оваа експериментална постапка констатирано е дека просечниот број парчиња за оваа граната изнесува 110. Ако се претпостави дека сите парчиња се со идентична маса (идеален случај), може да се определи просечната плоштина на парчињата. Овој податок е неопходен за определување на досегот на смртоносното дејство и на крајниот досег на парчињата.



Сл. 4. Парчиња добиени со активирање на гранатата во јама

Пресметувањето се сведува, прво, на определување на вкупната надворешна плоштина на кошулката. Употребувајќи ги димензиите на кошулката се добива дека:

$$P_n = 68,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2,$$

додека нејзината вкупна внатрешна плоштина е:

$$P_v = 57,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Потоа, за определување на досегот на смртоносното дејство и на крајниот досег на парчињата потребно е да се определи и нивната форма. Плоштината на надворешната основа на парчето се добива од релацијата:

$$P_{n(\text{пар})} = \frac{P_n}{N} = \frac{68,4 \cdot 10^{-4}}{110} = 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2,$$

а плоштината на внатрешната основа на парчето од релацијата:

$$P_{v(\text{пар})} = \frac{P_v}{N} = \frac{57,62 \cdot 10^{-4}}{110} = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2.$$

Од овие големини може да се определат страните на надворешната и на внатрешната основа на парчето. Под претпоставка дека сите парчиња имаат еднаква маса, а со тоа и еднаква плоштина, надворешната и внатрешната основа имаат еднаква страна, затоа што висината на кошулката е заедничка и еднаква за двете основи. Односот на страните на надворешната основа (Сл. 5) ќе биде еднаков на односот на надворешната обиколка на кошулката (L_n) и нејзината висина (h_k):

$$a_n : b_n = L_n : h_k \quad (4)$$

Ако висината на кошулката изнесува 56 mm, тогаш е:

$$L_n = 2 \cdot r_n \cdot \pi = 2 \cdot 19,57 \text{ mm} \cdot 3,14 = 122,89 \text{ mm}$$

каде што r_n е среден надворешен радиус на кошулката.

Оттука, со замена во (4) се добива:

$$a_n = 2,19 \cdot b_n$$

Плоштината на надворешната основа на парчето може да се пресмета и како производ на страните a_n и b_n , при што се добива дека:

$$b_n = 5,56 \text{ mm}, \text{ односно } a_n = 15,73 \text{ mm}.$$

За страните на внатрешната основа постапката е иста, со тоа што страната b_n е иста со внатрешната страна. Односот на страните е даден со релацијата:

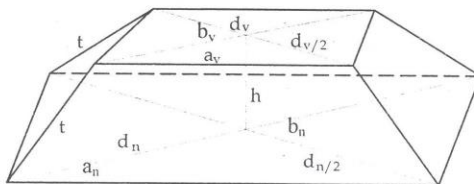
$$a_v : b_v = L_v : h, \text{ односно } b_n = b_v = 5,56 \text{ mm}. \quad (5)$$

Меѓутоа, страната a_v може да се пресмета од плоштината на внатрешната основа $P_{v(\text{пар})} = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$, при што се добива:

$$a_v = 5,56 \text{ mm}.$$

Висината (дебелината) на парчето изнесува 3 mm.

Врз основа на добиените резултати за страните, може да се скицира формата на парчињата (Сл. 5).



Сл. 5. Приказ на идеално фрагментирано парче

За понатамошните пресметки потребно е да се определи вкупната плоштина на парчето (S) што ја сочинува плоштината на надворешната и на внатрешната основа, двата правоаголници зафатени од b_n , b_v и t , и двата трапези образувани од a_n , a_v и t . За таа цел може да се примени изразот:

$$S = P_{n(\text{пар})} + P_{v(\text{пар})} + 2 \cdot P_p + 2 \cdot P_{tr} \quad (6)$$

каде што:

P_p – е плоштина на правоаголникот (b_n , b_v и t);

P_{tr} – е плоштина на трапезот (a_n , a_v и t).

За пресметка на овие две плоштини потребно е, прво, да се определи t , со помош на дијагоналите на надворешната и на внатрешната основа:

$$d_v^2 = a_v^2 + b_v^2 \quad \Rightarrow d_v = 10,87 \text{ mm}$$

$$d_n^2 = a_n^2 + b_n^2 \quad \Rightarrow d_n = 16,67 \text{ mm}$$

$$t^2 = \left(\frac{d_n}{2} - \frac{d_v}{2} \right)^2 + h^2 \quad \Rightarrow t = 4,17 \text{ mm}.$$

Добиената вредност за t се заменува во изразите:

$$P_p = b_n \cdot t = 23,2 \text{ mm}^2$$

$$P_{tr} = \frac{(a_n + a_v) \cdot h}{2} = 37,6 \text{ mm}^2$$

така што вкупната надворешна плоштина на парчето:

$$S = 235,6 \text{ mm}^2 = 235,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.$$

Просечната маса на парчето може да се најде како количник од масата на кошулката и бројот на парчињата:

$$m_p = \frac{m}{M} = \frac{115 \text{ g}}{110} = 1,045 \text{ g}.$$

Досегот на смртоносното дејство и крајниот досег на парчињата се важни параметри како од конструкциски аспект на експлозивното тело, така и од аспект на неговата употреба во реални услови. За определување на досегот на убивање потребно е да се знае специфичната кинетичка енергија (E_{ksp}) на парчето за тоа растојание. Доколку парчето поседува специфична кинетичка енергија од 150 J/cm^2 и доколку е целта погодена во пределот на смртоносните повреди, голема е веројатноста да предизвика смрт [5]. Оваа енергија се определува со помош на релацијата:

$$E_{ksp} = \frac{E_k}{P_{пар}}, \text{ односно } E_{ksp} = \frac{m_{пар} \cdot v_{пар}^2}{2 \cdot P_{пар}} \quad (7)$$

каде што:

E_k – кинетичка енергија на парчето (J);

$m_{пар}$ – маса на парчето (kg);

$v_{пар}$ – брзина на парчето во која било точка од патеката (m/s);

$P_{пар}$ – плоштина на парчето со која продира низ целта (cm^2).

За пресметување на E_{ksp} и досегот на смртоносното дејство, потребно е покрај масата да се познава и брзината на парчето во секоја точка од патеката, која може да се определи од изразот:

$$v_{пар} = v_0 \cdot e^{-\frac{c_x \cdot S}{2 \cdot m_{пар}} \cdot \rho \cdot x} \quad (8)$$

каде што се:

v_0 – почетната брзина на парчето за дадените услови;

c_x – коефициент на отпорот меѓу парчето и воздухот;

ρ – густина на воздухот;

x – растојание од центарот на експлозијата до целта.

За надзвучните брзини на парчињата $c_x = \text{const}$ (1,25 – 1,3), а густината на воздухот $\rho = 1,204 \text{ kg/m}^3$. Оттука изразот (8) може да се поедностави со воведување на константата:

$$k = -\frac{c_x \cdot S}{2 \cdot m_{\text{пар}}} \cdot \rho = 0,176 \text{ m}^{-1}$$

и да гласи:

$$v_{\text{пар}} = v_0 \cdot e^{-k \cdot x} \quad (9)$$

Со примена на изразот (7) се добива дека парчето ќе има смртоносно дејство ако неговата минимална брзина при судирот со целта изнесува 258 m/s.

Со логаритмирање на изразот (9) се добива максималното растојание на кое едно парче ќе има $E_{\text{ksp}} = 150 \text{ J/cm}^2$:

$$x = \frac{\log v_{\text{пар}} - \log v_0}{-k \cdot \log e} = 6,7 \text{ m.}$$

Максималниот досег на едно парче ќе се добие кога неговата брзина ќе биде еднаква на нула, односно кога тоа ќе престане да се движи. Поаѓајќи од изразот (9) евидентно е дека $v_{\text{пар}} = 0$ кога x е бесконечно. За да се добие конечно решение во овој случај се зема вредноста на $e^{-k \cdot x}$ да биде доволно мала ($\approx 0,01$), односно брзината на парчето да изнесува помалку од 1 m/s. Следи:

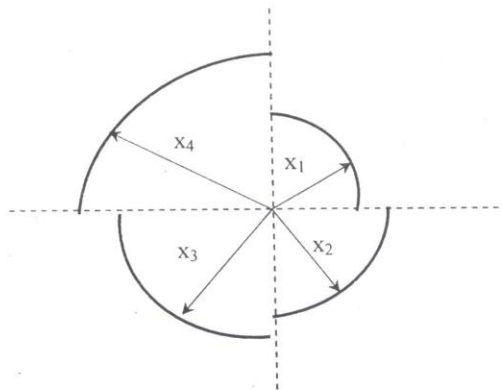
$$\log e^{-k \cdot x} = \log 0,0005, \text{ односно } x = 43 \text{ m.}$$

Во овој случај $v_{\text{пар}} = 0,4 \text{ m/s}$, што е занемарливо мала брзина и дава гаранција дека парчето веднаш ќе запре. Од ова може да заклучиме дека максималниот досег на парчето ќе се движи до 45 m [8].

4. Ефикасност на гранатата врз целта

Распрскувачкото дејство на гранатите се оценува со помош на координатниот закон за успешно дејство, кој воспоставува врска помеѓу уништувањето и растојанието од местото на експлозијата до целта. Аналитичката форма на овој закон се определува на пресметковно-експериментален начин. Експерименталниот начин се спроведува во т.н. обор.

Во оборот гранатите се поставуваат со врвот нагоре, на висина од 1 m над земјата (мерено од средината на проектилот). Оборот се состои од четири или повеќе полукружни огради (Сл. 6) од штици на пропишани растојанија од средината ($x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$). Висината на оградата е 2 m, а вкупната површина е 100 m^2 . Оборот се дели на секции со широчина од 0,5 m. Секциите во овој експеримент претставуваат условна цел за човек во стоечки став (Сл. 7), а се изработуваат од стандардизирани штици од ела со дебелина од 25 mm, односно од топола со дебелина од 41 mm.



Сл. 6. Шематски приказа на "обор"



Сл. 7. Условна цел погодена со парчиња од гранатата

Веројатноста дека при експлозија на испитуваниот проектил ќе биде погодена некоја секција ($0,5\text{m} \times 2\text{m}$) на растојание x се пресметува според формулата:

$$p_x = \frac{f_x}{F_x} \quad (10)$$

каде што:

f_x – број на погодените секции

F_x – број на секциите на делот од оградата на растојание x .



Сл. 8. Распрскување на парчињата од кошулката

Од досега изнесеното, за пресметка на веројатноста на погодување и унуштување на целта потребно е прво да се разгледаат можноста и начинот на распрскување на гранатата. Од теоријата на гаѓање е познато дека, при распрскувањето, парчињата од гранатата се распростираат под агол од 15° од нормалата на поставеноста на гранатата при падот (Сл. 8).

Идеален случај за постигнување на најдобар ефект е кога падниот агол е 90° . Со смалувањето на падниот агол се намалува и бројот на убојни парчиња. Бидејќи парчињата што летаат нагоре ја губат кинетичката енергија поради совладувањето на отпорот, дејството врз целта ќе се остварува само со парчињата што летаат во страна.

Од шематскиот приказ може да се пресмета површината што е покриена од распрснатите парчиња на растојание x . При пресметките ќе го менуваме x во граници од 0 m до 50 m и во зависност од x ја пресметуваме веројатноста на погодување ($p_x = f(x)$).

Така на пример за $x = 5\text{ m}$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b/2}{x}, \alpha = 15^\circ$$

Оттука следи:

$$\frac{b}{2} = 1,34 \text{ m}, \text{ односно } b = 2,68 \text{ m}.$$

Понатаму, површината што ќе биде изложена на дејството на парчињата може да се пресмета од релацијата:

$$S = 2 \cdot x \cdot \pi \cdot b = 84,15 \text{ m}^2$$

Веројатноста на погодување ќе се пресмета така што прво ќе се земе предвид реалниот број на парчињата добиени од фрагментацијата ($N=110$). Од друга страна, пак, кога зборуваме за веројатноста на погодување на површината ($0,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$) се мисли на добивање барем еден погодок на m^2 . Аналогно на тоа, на површина од $84,15 \text{ m}^2$ потребни се 85 погодоци, односно 85 парчиња.

Веројатноста на погодување ќе се пресметува како количник од поволните и сите можни настани, односно:

$$p_x = \frac{N}{N_m}, \text{ каде што} \quad (11)$$

N – број на парчиња добиени од распрскувањето

N_m – потребен број на парчиња за сигурно погодување на површината S .

Со примена на релацијата (10), вредностите на веројатноста на погодување за оваа граната на различни растојанија се прикажани во Таб. 1.

Табела 1. Веројатности на погодување на целта на различни растојанија

x [m]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
b [m]	0	2,68	5,36	8,04	10,72	13,4	16,08	18,76	21,44	24,12	26,8
S [m^2]	0	84,15	336	757	1342	2103	3030	4123	5385	6816	8415
p_x	1	1	0,327	0,145	0,081	0,052	0,036	0,027	0,02	0,016	0,013

Понатаму, важен параметер за ефикасноста на гранатата е веројатноста на уништување, до која се доаѓа преку основната намена на добиените парчиња, а тоа е да се погоди и уништи целта. Ова е сложен настан кој се манифестира преку два елементарни настани: погодување и уништување на целта. Парчето мора прво да ја погоди целта, па дури потоа може да ја уништи. Во случаи кога целта е погодена, веројатноста дека ќе биде уништена зависи само од карактеристиките на целта.

Ако е целта жив организам (човек), тогаш сознанијата говорат дека кога парчето минува низ ткивото, освен коските, кожата и р'скавицата, тогаш тоа се однесува како да се движи низ водена средина. При контактот на парчето со ткивото се создава ударен бран, кој радијално се шири пред парчето. При натамошната пенетрација парчето ја предава преостанатата енергија на

околната средина, совладувајќи ги кохезионите и инерционите сили на честичките на ткивото, кинејќи ги и отфрлувајќи ги во насока на движењето. На тој начин зад парчето се создава временна шуплина чија форма зависи исклучиво од формата на парчето. Зад парчето што продолжува да се движи низ ткивото, шуплината постепено се намалува, а пулсирањето на околината престануваат кога парчето ќе го напушти ткивото.

Веќе беше споменато дека својствата на ткивото влијаат врз однесувањето на парчето и создавањето на повредите. Така, кожата е орган со глема еластичност, што ја прави отпорна на надворешни механички влијанија, додека мускулатурата се однесува различно, во зависност од должината или од оптовареноста на мускулите. Коските се најмалку отпорни, а скршените делови на коските преземаат дел од кинетичката енергија на зрното и дејствуваат врз околното ткиво како секундарни проектили.

Поради овие причини телото на човекот и на другите живи организми треба да се третира како нехомогена и сложена цел, така што не е сеедно кој дел од телото ќе биде погоден. Во денешни услови на оптимална заштита со современата пешадиска опрема (шлем, заштитен елек), сликата на ранливост значително се менува. Зоната на смртоносните повреди се намалува од 25% на помалку од 15% [5]. Познавањето на фрагментарното дејство отсекогаш било предмет на интерес, со цел да се определи што е тоа “ефикасно парче”. Истражувањата покажале дека “ефикасно парче” е парчето коешто е во состојба да го “исфрли” војникот од строј, односно да пробие штица од топола со дебелина од 41 mm и чија кинетичка енергија е околу 100 J [9].

Следствено, при дејствување врз жива сила, веројатноста на уништување со фрагменти се пресметува како производ од веројатноста на погодување p_x и веројатноста за настанување на смртни повреди p_s (p_s и p_s' , за незаштитен и заштитен војник, аналогно).

Така, веројатностите за уништување на растојание од 5 m за заштитен и незаштитен војник се определуваат на следниот начин:

$$p_u = p_x \cdot p_s = 0,25 \quad (11)$$

$$p'_u = p_x \cdot p'_s = 0,15, \quad (12)$$

односно за различни растојанија вредностите на овие веројатности се прикажани во Таб. 2.

Табела 2. Веројатности на погодување и уништување на целта на различни растојанија

x[m]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
p_x	1	1	0,327	0,145	0,081	0,052	0,036	0,027	0,02	0,016	0,013
p_u	0,25	0,25	0,081	0,036	0,02	0,013	0,009	0,007	0,005	0,004	0,003
p'_u	0,15	0,15	0,05	0,021	0,012	0,008	0,005	0,004	0,003	0,002	0,003

Од Таб. 2 може да се претстави и графички зависноста p_x , p_u , p'_u од x (Сл.9).

explosion body with cylindrical form analyses, Modern techniques and technologies in mining, Ohrid, 30.05.-02.06 (2006). p. 43-51
Ž. Živanov, Teorija gadjanja, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1979

Rose Smileski, PhD

Orce Popovski

Darko Stojkoski

Military Academy, General Mihailo Apostolski, -Skopje

ANALYSIS OF DISPERSION ACTION AND EFFICACY OF THE GRENADE 40 mm

Abstract

Applying the up to now theoretical knowledge and experimentally gathered results, this study analyzes the dispersion action of explosion body (hand grenade launcher) with cylindrical form. Analysis is showing a good correlation between experimentally and theoretically gathered results. According to this, this type of analysis can be used for determination of the killing radius, in other words for determination of the security area with the explosion of the certain explosive device.

Key words: *explosive materiel, fragmentation, and dispersion action.*